

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی

عنوان

ارزیابی آلودگی منابع آب زیرزمینی در دشت طبسین (جنوب شرق نهبندان) و
بررسی زمین پزشکی منطقه

نگارنده

احمد بسکابادی

استاد راهنما

دکتر بهناز دهرآزما

اساتید مشاور

دکتر محمد شیوا

دکتر محمدحسین ابراهیم‌زاده

تیر ماه ۱۳۹۰

پیشکش به

جانِ جهان، مستی

و به امید آمدنش ...

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس پروردگار یکتا را که لطف و کرم بی‌کرانش، این کمترین بنده را نیز در بر گرفت تا به وسع توان خویش گامی کوچک در گستره علم و معرفت بردارم و از خرمن دانش و تجربه بزرگان و نیک اندیشان خوشه چینی کرده باشم.

اکنون که به یاری خداوند متعال، این دوره پرخاطره از دوران تحصیلم را به پایان رسانده‌ام، هرچند واژه‌ها را یاری آن نیست که لطف، محبت و بزرگواری کسانی را که در تمام دوران زندگی‌ام جرعه نوش دریای مهر و محبتشان بوده‌ام به تصویر بکشم، اما به رسم ادب و احترام بوسه بر دستانشان زده و بر خود واجب می‌دانم زحمات تمامی اعضای خانواده‌ام، مخصوصاً پدر و مادر مهربانم، که همواره راه‌گشای مشکلاتم در تمام مراحل زندگی بوده‌اند ارج نهاده و مراتب تشکر قلبی و باطنی خویش را از الطاف و مهربانی‌های آن‌ها ابراز دارم. همچنین لازم می‌دانم که از زحمات فراوان استاد توانمندم سرکار خانم دکتر دهرآزما که با راهنمایی‌ها و نظرات ارزنده و صبر و حوصله فراوان، نقش مهمی در به ثمر رساندن این پژوهش داشته‌اند صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم، بی‌تردید انجام این پایان‌نامه بدون همکاری و راهنمایی ایشان هرگز ممکن نبود. از اساتید مشاور بزرگوارم آقایان دکتر محمد شیوا و دکتر محمدحسین ابراهیم‌زاده که با تأنی مرا در انجام این رساله یاری دادند کمال تشکر را دارم. از اساتید دوره کارشناسی ارشد، آقایان دکتر کرمی، دکتر حافظی مقدس، دکتر قاسمی و دکتر امیدوی بسیار سپاسگذارم. از کارکنان دانشگاه صنعتی شاهرود آقای مهندس خانعلی‌زاده و خانم‌ها مهندس سعیدی و مهندس فارسی بسیار ممنونم. همچنین برای دوستان بسیار خوبم که هیچگاه مرا در طول این دوره تنها نگذاشته و همواره مرا یاری کرده‌اند به خصوص آقایان گراوند، امیری شهرپور، خداداده، مسعودی، حسینی، فیضی، غزنوی، برهمند، بساکی، سلیم، عسگری، زارعی، افشاری، خواجه، رستمی، قاسم‌زاده، شمس، جانفدا، جاویدی، سعیدیان، گلی‌خطیر، یگانه، ثوابی، زاهدی، درویش‌پور، درستکار، آدینه‌وند و نعیمی و خانم‌ها کریمی، موسوی، حسونند، ندایی، حیدریان و رحیمی از صمیم قلب آرزوی بهترین‌ها را دارم.

انجام این پایان نامه با حمایت مالی شرکت آب و فاضلاب روستایی استان خراسان جنوبی و دانشگاه صنعتی شاهرود امکان پذیر گردید. لذا محققین بر خود لازم می‌دانند از مسئولین محترم دانشگاه صنعتی شاهرود و مدیران و همکاران محترم و دلسوز شرکت آب و فاضلاب روستایی استان خراسان جنوبی جناب آقای مهندس بسکبادی، مدیریت محترم، جناب آقای مهندس کارگر، قائم مقام محترم، جناب آقای مهندس علی آبادی، معاونت محترم و جناب آقای مهندس نخعی، مدیریت محترم اداره آب و فاضلاب روستایی شهرستان نهبندان و دیگر همکاران جناب آقایان توکلی، بانی مرد و روشندل و سرکار خانم مهندس اکبری، ضامن و برنی کمال تشکر و قدردانی را ابراز نمایند.

چکیده

پژوهش حاضر جهت ارزیابی آلودگی منابع آب موجود در بخش جنوب شرقی دشت طبسین و بررسی زمین پزشکی منطقه صورت پذیرفته است. به این منظور ۴ نمونه سنگی و ۱۶ نمونه رسوب به روش ICP-MS آنالیز شدند. به علاوه ۱۸ نمونه آب شامل ۱۱ نمونه مربوط به چاه‌ها، ۳ نمونه مربوط به قنوات، ۳ نمونه مربوط به رودخانه و ۱ نمونه مربوط به چشمه، به منظور تعیین غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و نیز تعیین عناصر فرعی به روش ICP-MS آنالیز گردیدند. از بین عناصر و فلزات سنگین آنالیز شده در نمونه‌های سنگ، رسوب و آب، عناصر Al و As ، Cr ، Cu ، Fe ، Mg ، Ni ، P ، S ، Sr ، V ، Zn ، F ، B ، Br ، Sr ، Si ، بر حسب اهمیت زیست‌محیطی و غلظت آن‌ها در منطقه، انتخاب شدند. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که سنگ‌های منطقه بیشتر از جنس سنگ‌های آذرین اولترامافیک و روانه‌های بازالتی-آندزیتی و سنگ‌های رسوبی مانند سنگ آهک، مارن، شیل و توالی‌های تبخیری هستند. نتایج تحقیقات ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که غلظت برخی از عناصر مانند آرسنیک، مس، آهن و وانادیم در نمونه رسوب سرچشمه گرفته از روانه‌های بازالتی-آندزیتی بیشتر از سایر نمونه‌های رسوب است. همچنین در نمونه‌های رسوب مشتق شده از سنگ‌های اولترامافیک، غلظت کروم، نیکل و منیزیم بسیار بیشتر از سایر نمونه‌های رسوب است، در حالی که بسیاری از عناصر در این نمونه‌های رسوب تهی‌شدگی نشان می‌دهند. به لحاظ مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده، نمونه‌های رسوب حاصل از سنگ‌های اولترامافیک، بالاترین درجه آلودگی را به خود اختصاص داده‌اند. مقادیر به دست آمده از فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشتگی و فاکتور آلودگی نشان‌دهنده آلودگی نسبتاً بالای کروم و نیکل در نمونه رسوب سرچشمه گرفته از توده‌های اولترامافیک است. همچنین با استفاده از نتایج به دست آمده از ماتریس همبستگی، آنالیز خوشه‌ای و تحلیل مؤلفه اصلی، می‌توان عناصر مذکور را به سه گروه تقسیم‌بندی کرد: ۱- Cr ، Ni و Mg -۲ Sr ، P و F و ۳- Al ، Fe ، V و Zn . نتایج آزمایشات انجام شده بر روی منابع آب مشخص می‌کند که غلظت سولفات، کلر، سدیم، منیزیم، سختی کل، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، برم و استرانسیم در نمونه‌های آب موجود در اطراف محیط دریاچه‌ای قدیمه، واقع در قسمت‌های شرقی حوضه، بالاتر از سایر منابع آب است. همچنین غلظت کروم در منابع آب موجود در نزدیکی نوار افیولیتی واقع در بخش‌های غربی حوضه بالاتر از سایر منابع آب است. پراکندگی غلظت عناصر و فلزات سنگین در منابع آب منطقه همچنین نشان می‌دهد که غلظت عناصری همچون مس، وانادیم، سیلیسیم و فلئوئور در قنات واقع در بالادست حوضه، که در تماس مستقیم با رسوبات مشتق شده از روانه‌های بازالتی-آندزیتی هستند، از سایر نمونه‌های آب بالاتر می‌باشد. مقایسه غلظت عناصر در منابع آب با مقادیر استاندارد مجاز اداره استاندارد ایران (۱۰۵۳)، نشان داد که مقدار فلئوئور در کلیه منابع آب منطقه و از جمله در منبع آب شرب منطقه (Q1) بالاتر از حد مجاز است. مطالعات آماری صورت پذیرفته بر روی ساکنین منطقه در بازه سنی ۱۶-۷ سال، نشان‌دهنده بالا بودن شیوع فلوروزیسیس دندانی در ساکنین منطقه است به طوری که درجه فلوروزیسیس دندانی در حدود ۶۵٪ از افراد با سن ۱۶-۱۳ سال ۳ و بالاتر از ۳ است. مطالعات نشان دادند که شدت فلوروزیسیس دندانی با افزایش سن افزایش می‌یابد، ضمن آنکه در بین جنس ذکور نیز بیشتر شایع می‌باشد.

کلمات کلیدی: آلودگی، فلزات سنگین، ژئوشیمی، منابع آب، فلوروزیسیس، دشت طبسین

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ بیان مسئله
۴	۳-۱ خصوصیات منطقه مورد مطالعه
۴	۱-۳-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۴	۲-۳-۱ اقلیم منطقه
۶	۳-۳-۱ پراکندگی جکعیت در دشت طبسین
۷	۳-۱ ضرورت انجام پژوهش
۸	۴-۱ اهداف تحقیق
۹	۵-۱ مراحل انجام تحقیق
۱۰	۶-۱ سازمان بندی پایان نامه
	فصل دوم: زمین شناسی منطقه
۱۲	۱-۲ مقدمه
۱۳	۲-۲ زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
۱۴	۱-۲-۲ زمین شناسی ساختاری حوضه
۱۴	۲-۲-۲ پراکندگی ارتفاعات و مورفولوژی منطقه
۱۶	۳-۲ سنگ شناسی منطقه
۱۶	۱-۳-۲ افیولیت ها
۱۹	۲-۳-۲ واحدهای سنگی مربوط به بعد از کرتاسه
۲۱	۴-۲ مشخصات حوضه آبریز
	فصل سوم: مروری بر مطالعات پیشین
۲۴	۱-۳ مقدمه
۲۴	۲-۳ سنگ شناسی و ارتباط آن با ژئوشیمی رسوبات
۲۴	۱-۲-۳ سنگ های اولترامافیک و ژئوشیمی رسوبات
۲۶	۲-۲-۳ سنگ های بازیک تا حدواسط و ژئوشیمی رسوبات
۲۶	۳-۲-۳ سنگ های آهکی و ژئوشیمی رسوبات
۲۷	۳-۳ فرایندهای ژئوشیمیایی تعیین کننده پویایی فلزات سنگین
۲۹	۴-۳ هیدروژئوشیمی منابع آب

۲۹	..... ۱-۴-۳ کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی محلول در آب
۳۱	..... ۲-۴-۳ عناصر فرعی در آب
۳۲	..... ۵-۳ زمین پزشکی فلئوئور
۳۳	..... ۱-۵-۳ کانی‌های حاوی فلئوئور ..
۳۳	..... ۲-۵-۳ رفتار هیدروژنوشیمیایی فلئوئور ...
۳۴	..... ۳-۵-۳ فلئوئور و سلامت مردم
۳۶	..... ۶-۳ مطالعات پیشین در منطقه مورد مطالعه ..

فصل چهارم: مواد و روش‌ها

۳۸	..... ۱-۴ مقدمه
۳۸	..... ۲-۴ نمونه‌برداری
۳۸	..... ۱-۲-۴ نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای و سنگ‌های منطقه.....
۳۹	..... ۲-۲-۴ نمونه‌برداری از منابع آب منطقه ..
۳۹	..... ۳-۴ آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها
۳۹	..... ۱-۳-۴ تعیین pH و EC آب ...
۳۹	..... ۲-۳-۴ تعیین pH رسوبات ..
۴۳	..... ۳-۳-۴ اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب ..
۴۳	..... ۴-۳-۴ تعیین غلظت فلزات سنگین و سایر عناصر مختلف در آب ...
۴۴	..... ۵-۳-۴ تعیین غلظت عناصر در سنگ‌ها و رسوبات ...

فصل پنجم: ژئوشیمی منطقه

۴۶	..... ۱-۵ مقدمه
۴۶	..... ۲-۵ پراکندگی غلظت عناصر در سنگ‌ها و رسوبات آبراهه‌ای منطقه.....
۴۶	..... ۱-۲-۵ آرسنیک (As)
۴۸	..... ۲-۲-۵ آلومینیم (Al)
۵۰	..... ۳-۲-۵ استرانسیم (Sr)
۵۱	..... ۴-۲-۵ آهن (Fe)
۵۲	..... ۵-۲-۵ روی (Zn) ..
۵۳	..... ۶-۲-۵ فسفر (P)
۵۴	..... ۷-۲-۵ فلئوئور (F)
۵۵	..... ۸-۲-۵ کروم (Cr)
۵۷	..... ۹-۲-۵ مس (Cu)

۵۸	..... ۱۱-۲-۵ منیزیم (Mg)
۵۹	..... ۱۲-۲-۵ مولیبدن (Mo)
۶۰	..... ۱۳-۲-۵ نیکل (Ni)
۶۱	..... ۱۴-۲-۵ وانادیم (V)
۶۲	..... ۳-۵ همبستگی عناصر و برخی پارامترهای شیمیایی در رسوبات
۶۶	..... ۴-۵ فاکتور غنی‌شدگی (EF)
۶۹	..... ۵-۵ شاخص زمین‌انباشتگی (Igeo)
۷۱	..... ۶-۵ فاکتور آلودگی (Cf) و درجه آلودگی اصلاح شده (mCd)
۷۳	..... ۷-۵ آنالیز خوشه‌ای
۷۵	..... ۸-۵ تحلیل مؤلفه اصلی

فصل ششم: بررسی کیفیت منابع آب

۷۸	..... ۱-۶ مقدمه
۷۸	..... ۲-۶ همبستگی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و برخی عناصر در منابع آب
۸۶	..... ۳-۶ بررسی تغییرات برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی
۸۶	..... ۱-۳-۶ تغییرات pH
۸۷	..... ۲-۳-۶ تغییرات کل جامدات محلول (TDS) و هدایت الکتریکی (EC)
۸۹	..... ۳-۳-۶ تغییرات قلیائیت کل (TA)
۹۰	..... ۴-۳-۶ تغییرات سختی کل (TH)
۹۲	..... ۴-۶ تغییرات غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی در منابع آب
۹۲	..... ۱-۴-۶ غلظت کلراید
۹۳	..... ۲-۴-۶ غلظت سولفات
۹۴	..... ۳-۴-۶ غلظت بیکربنات و کربنات
۹۶	..... ۴-۴-۶ غلظت سدیم
۹۸	..... ۵-۴-۶ غلظت پتاسیم
۹۹	..... ۶-۴-۶ غلظت کلسیم
۱۰۱	..... ۷-۴-۶ غلظت منیزیم
۱۰۲	..... ۵-۶ تیپ و رخساره منابع آب
۱۰۶	..... ۶-۶ شاخص اشباع‌شدگی (SI) کانی‌های اصلی در منابع آب
۱۰۷	..... ۷-۶ تغییرات غلظت برخی از عناصر در منابع آب
۱۰۷	..... ۱-۷-۶ آلومینیم (Al)

۱۱۰	..... ۲-۷-۶ آرسنیک (As)
۱۱۲	..... ۳-۷-۶ بور (B)
۱۱۴	..... ۴-۷-۶ برم (Br)
۱۱۶	..... ۵-۷-۶ کروم (Cr)
۱۱۸	..... ۶-۷-۶ مس (Cu)
۱۲۰	..... ۷-۷-۶ آهن (Fe)
۱۲۲	..... ۸-۷-۶ وانادیم (V)
۱۲۴	..... ۹-۷-۶ مولیبدن (Mo)
۱۲۵	..... ۱۰-۷-۶ سیلیسیم (Si)
۱۲۷	..... ۱۱-۷-۶ روی (Zn)
۱۲۹	..... ۱۲-۷-۶ استرانسیم (Sr)
۱۳۱	..... ۱۳-۷-۶ فلئوئور (F)
۱۳۳	..... ۸-۶ منشأیابی برخی عناصر محلول در آب با استفاده از روش تعادل جرمی
۱۴۰	..... ۹-۶ آزمون فیشر بر روی نمونه‌های رسوب و آب منطقه ...

فصل هفتم: زمین‌پزشکی منطقه

۱۴۴	..... ۱-۷ مقدمه ..
۱۴۴	..... ۲-۷ مقایسه مقادیر فلئوئور در منابع آب با استانداردهای تعیین شده ...
۱۴۶	..... ۳-۷ منشأ فلئوئور در آب
۱۴۸	..... ۴-۷ تأثیرات سوء مصرف بیش از اندازه فلئوئور در ساکنین منطقه

فصل هشتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۵۶	..... ۱-۸ مقدمه
۱۵۷	..... ۲-۸ غلظت عناصر در رسوبات و سنگ‌ها
۱۵۸	..... ۳-۸ غلظت عناصر و تیپ و رخساره در منابع آب ..
۱۶۱	..... ۴-۸ آزمون فیشر بر روی نمونه‌های رسوب و آب منطقه
۱۶۰	..... ۵-۸ زمین‌پزشکی و سلامت مردم منطقه ..
۱۶۲	..... ۶-۸ پیشنهادات .
۱۶۳	..... پیوست
۱۶۴	..... منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲ پهنه بندی حوضه‌های رسوبی ایران ۱۲
- شکل ۲-۲ موقعیت زون فلیشی شرق ایران در بین گسل‌های هریرود و نهبندان ۱۳
- شکل ۳-۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه ۱۵
- شکل ۴-۲ نمایی کلی از نوار اولترامافیکی واقع در غرب منطقه (دید به غرب) ۱۶
- شکل ۵-۲ پدیدت‌های سرپانتینی شده با ابفت غربالی (۱۲/۵×) ۱- نور پلاریزه، ۲- نور معمولی ۱۷
- شکل ۶-۲ گابروهای موجود در مجموعه افیولیتی (۱۲/۵×) ۱- نور پلاریزه، ۲- نور عادی ۱۷
- شکل ۷-۲ بازالت‌های موجود در افیولیت‌ها با بافت پروپیلیتیک (۱۲/۵×) ۱۸
- شکل ۸-۲ بازالت‌های حفره‌دار (۱۲/۵×) ۱۸
- شکل ۹-۲ توف‌های بازیک (۱۲/۵×) ۱۸
- شکل ۱۰-۲ توف‌های بازیک در کنار روانه‌های بازالتی-آندزیتی واقع در شمال حوضه (دید به سمت غرب) ۱۹
- شکل ۱۱-۲ سنگ آهک و تخریبی‌ها بر روی توده‌های اولترامافیک (دید به سمت شمال شرق) ۱۹
- شکل ۱۲-۲ آهک ریفی (دید به جنوب شرق) ۲۰
- شکل ۱۳-۲ آهک‌های نومولیتی (۱۲/۵×) ۲۰
- شکل ۱۴-۲ سنگ آهک‌های پالتوسن (Pepu) واقع در جنوبی‌ترین بخش حوضه (دید به سمت غرب) ۲۱
- شکل ۱۵-۲ نقشه آبراهه‌های موجود در منطقه ۲۲
- شکل ۱-۳ تأثیر pH و Eh بر انحلال‌پذیری فلزات سنگین ۲۸
- نقشه ۱-۴ موقعیت مکانی نمونه‌های آب، سنگ و رسوب ۴۰
- شکل ۱-۵ پراکندگی غلظت آرسنیک در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۴۸
- شکل ۲-۵ پراکندگی غلظت آلومینیم در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۴۹
- شکل ۳-۵ پراکندگی غلظت استرانسیم در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۰
- شکل ۴-۵ پراکندگی غلظت آهن در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۱
- شکل ۵-۵ پراکندگی غلظت روی در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۳
- شکل ۶-۵ پراکندگی غلظت فسفر در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۴
- شکل ۷-۵ پراکندگی غلظت فلورور در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۵
- شکل ۸-۵ پراکندگی غلظت کروم در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۶
- شکل ۹-۵ پراکندگی غلظت گوگرد در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۷
- شکل ۱۰-۵ پراکندگی غلظت مس در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۸
- شکل ۱۱-۵ پراکندگی غلظت منیزیم در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۵۹

- شکل ۵-۱۲ پراکندگی غلظت مولیبدن در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۶۰
- شکل ۵-۱۳ پراکندگی غلظت نیکل در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۶۱
- شکل ۵-۱۴ پراکندگی غلظت وانادیم در نمونه‌های رسوب و سنگ منطقه ۶۲
- شکل ۵-۱۵ حداکثر (max)، حداقل (min) و میانگین (mean) فاکتور غنی‌شدگی برای عناصر مختلف ۶۸
- شکل ۵-۱۶ میزان شاخص زمین‌انباشتگی در رسوبات ۷۰
- شکل ۵-۱۷ مقادیر میانگین فاکتور آلودگی برای نمونه‌های رسوب ۷۲
- شکل ۵-۱۸ مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده در نمونه‌های رسوب ۷۳
- شکل ۵-۱۹ نمودار آنالیز خوشه‌ای عناصر مورد بررسی در رسوبات منطقه ۷۵
- شکل ۵-۲۰ نمودار سه‌بعدی PCA برای عناصر مورد مطالعه در رسوبات ۷۶
- شکل ۶-۱ تغییرات pH در منابع آب منطقه ۸۶
- شکل ۶-۲ تغییرات میزان TDS در منابع آب ۸۸
- شکل ۶-۳ تغییرات EC در منابع آب ۸۹
- شکل ۶-۴ تغییرات کلیبایت کل (TA) در منابع آب منطقه ۹۰
- شکل ۶-۵ تغییرات سختی کل (TH) در منابع آب منطقه ۹۱
- شکل ۶-۶ تغییرات غلظت کلر در منابع آب منطقه ۹۳
- شکل ۶-۷ تغییرات غلظت سولفات در منابع آب منطقه ۹۴
- شکل ۶-۸ تغییرات غلظت بیکربنات در منابع آب منطقه ۹۵
- شکل ۶-۹ تغییرات غلظت سدیم در منابع آب منطقه ۹۷
- شکل ۶-۱۰ تغییرات غلظت پتاسیم در منابع آب منطقه ۹۹
- شکل ۶-۱۱ تغییرات غلظت کلسیم در منابع آب منطقه ۱۰۰
- شکل ۶-۱۲ تغییرات غلظت منیزیم در منابع آب منطقه ۱۰۲
- شکل ۶-۱۳ نمودار پایپر منابع آب ۱۰۵
- شکل ۶-۱۴ نمودار استیف منابع آب ۱۰۶
- شکل ۶-۱۵ شاخص اشباع‌شدگی کانی‌های اصلی در نمونه‌های آب ۱۰۷
- شکل ۶-۱۶ پراکندگی غلظت آلومینیم در منابع آب ۱۰۹
- شکل ۶-۱۷ نمودار Eh-pH مربوط به آلومینیم ۱۰۹
- شکل ۶-۱۸ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی آلومینیم در منابع آب ۱۰۹
- شکل ۶-۱۹ پراکندگی غلظت آرسنیک در منابع آب ۱۱۱
- شکل ۶-۲۰ نمودار Eh-pH مربوط به آرسنیک ۱۱۱
- شکل ۶-۲۱ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی آرسنیک در منابع آب ۱۱۱

- شکل ۶-۲۲ پراکندگی غلظت بور در منابع آب ۱۱۳
- شکل ۶-۲۳ نمودار Eh-pH مربوط به بور ۱۱۳
- شکل ۶-۲۴ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی بور در منابع آب ۱۱۳
- شکل ۶-۲۵ پراکندگی غلظت برم در منابع آب ۱۱۵
- شکل ۶-۲۶ نمودار Eh-pH مربوط به برم ۱۱۵
- شکل ۶-۲۷ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی برم در منابع آب ۱۱۵
- شکل ۶-۲۸ پراکندگی غلظت کروم در منابع آب ۱۱۷
- شکل ۶-۲۹ نمودار Eh-pH مربوط به کروم ۱۱۷
- شکل ۶-۳۰ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی کروم در منابع آب ۱۱۷
- شکل ۶-۳۱ پراکندگی غلظت مس در منابع آب ۱۱۹
- شکل ۶-۳۲ نمودار Eh-pH مربوط به مس ۱۱۹
- شکل ۶-۳۳ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی مس در منابع آب ۱۱۹
- شکل ۶-۳۴ پراکندگی غلظت آهن در منابع آب ۱۲۱
- شکل ۶-۳۵ نمودار Eh-pH مربوط به آهن ۱۲۱
- شکل ۶-۳۶ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی آهن در منابع آب ۱۲۱
- شکل ۶-۳۷ پراکندگی غلظت وانادیم در منابع آب ۱۲۳
- شکل ۶-۳۸ نمودار Eh-pH مربوط به وانادیم ۱۲۳
- شکل ۶-۳۹ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی وانادیم در منابع آب ۱۲۳
- شکل ۶-۴۰ پراکندگی غلظت مولیبدن در منابع آب ۱۲۴
- شکل ۶-۴۱ نمودار Eh-pH مربوط به مولیبدن ۱۲۵
- شکل ۶-۴۲ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی مولیبدن در منابع آب ۱۲۵
- شکل ۶-۴۳ پراکندگی غلظت سیلیسیم در منابع آب ۱۲۶
- شکل ۶-۴۴ نمودار Eh-pH مربوط به سیلیسیم ۱۲۷
- شکل ۶-۴۵ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی سیلیسیم در منابع آب ۱۲۷
- شکل ۶-۴۶ پراکندگی غلظت روی در منابع آب ۱۲۸
- شکل ۶-۴۷ نمودار Eh-pH مربوط به روی ۱۲۹
- شکل ۶-۴۸ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی روی در منابع آب ۱۲۹
- شکل ۶-۴۹ پراکندگی غلظت استرانسیم در منابع آب ۱۳۰
- شکل ۶-۵۰ نمودار Eh-pH مربوط به استرانسیم ۱۳۱
- شکل ۶-۵۱ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی استرانسیم در منابع آب ۱۳۱

- شکل ۵۲-۶ پراکندگی غلظت فلئور در منابع آب ۱۳۲
- شکل ۵۳-۶ نمودار Eh-pH مربوط به فلئور ۱۳۳
- شکل ۵۴-۶ شاخص اشباع‌شدگی برخی کانی‌های حاوی فلئور در منابع آب ۱۳۳
- شکل ۱-۷ مقایسه تغییرات غلظت فلئور با برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی در منابع آب ۱۴۷
- شکل ۲-۷ متوسط غلظت فلئور در منابع آب به تفکیک قنوات، چاه‌ها، رودخانه و چشمه ۱۴۸
- شکل ۳-۷ نمونه‌هایی از فلوروسیس دندان‌ها با شدت‌های مختلف در مردم منطقه ۱۵۱
- شکل ۴-۷ درصد فراوانی نسبی فلوروسیس به تفکیک جنسیت ۱۵۲
- شکل ۵-۷ نمودار درصد شیوع فلوروسیس به تفکیک سن ۱۵۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱	جمعیت روستاهای موجود در منطقه	۷
جدول ۱-۳	عناصر کمیاب در کانی‌های معمول موجود در پوسته زمین	۲۵
جدول ۲-۳	تأثیر شرایط محیطی بر تحرک پذیری عناصر	۲۸
جدول ۳-۳	غلظت متوسط آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی محلول در آب	۳۰
جدول ۴-۳	غلظت برخی عناصر در محیط‌های مختلف	۳۲
جدول ۵-۳	تأثیر غلظت‌های مختلف فلئور بر سلامتی	۳۶
جدول ۱-۴	موقعیت مکانی نمونه‌های سنگ و رسوب	۴۱
جدول ۲-۴	محل‌های نمونه‌برداری از منابع آب	۴۲
جدول ۱-۵	مقادیر pH و غلظت عناصر در رسوبات و سنگ‌های منطقه بر حسب ppm	۴۷
جدول ۲-۵	ماتریس همبستگی عناصر مختلف و pH در رسوبات منطقه	۶۴
جدول ۳-۵	مقایسه میانگین غلظت عناصر در پوسته، شیل و رسوبات منطقه	۶۷
جدول ۴-۵	طبقه‌بندی شدت فاکتور غنی‌شدگی	۶۷
جدول ۵-۵	میزان فاکتور غنی‌شدگی در نمونه‌های رسوب	۶۸
جدول ۶-۵	طبقه‌بندی مقادیر شاخص زمین‌انباشتگی در تعیین آلودگی رسوبات	۷۰
جدول ۸-۵	طبقه‌بندی آلودگی رسوبات بر اساس فاکتور آلودگی	۷۱
جدول ۹-۵	طبقه‌بندی آلودگی رسوبات بر اساس مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده	۷۱
جدول ۱۰-۵	مقادیر فاکتور آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده در نمونه‌های رسوب	۷۲
جدول ۱۱-۵	نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه اصلی	۷۶
جدول ۱-۶	برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اصلی در نمونه‌های آب	۷۹
جدول ۲-۶	غلظت برخی از فلزات سنگین و عناصر در منابع آب	۸۱
جدول ۴-۶	طبقه‌بندی مقادیر سختی	۹۰
جدول ۵-۶	تیپ و رخساره و توالی آنیون‌ها و کاتیون‌ها در منابع آب	۱۰۴
جدول ۶-۶	مقادیر بحرانی در روش تعادل جرمی	۱۳۵
جدول ۷-۶	تعیین منشأ آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول در نمونه‌های آب به روش تعادل جرمی	۱۳۶
جدول ۸-۶	مقادیر واریانس نرمال شده برخی عناصر موجود در آب و رسوبات به همراه مقادیر مربوط به آزمون فیشر	۱۴۲
جدول ۱-۷	غلظت فلئور در برخی از مواد غذایی	۱۴۴
جدول ۲-۷	حدود مجاز فلئور در آب آشامیدنی (استاندارد ۱۰۵۳ ایران)	۱۴۵
جدول ۳-۷	مقایسه مقادیر فلئور در منابع آب منطقه با استانداردهای مختلف	۱۴۶
جدول ۴-۷	نمونه‌ای از پرسشنامه تکمیل شده توسط دانش‌آموزان منطقه	۱۴۹

- جدول ۵-۷ شیوع فلوروسیس دندانی در دانش‌آموزان ۷-۱۶ ساله منطقه به تفکیک جنسیت ۱۵۲
- جدول ۶-۷ شیوع فلوروسیس دندانی در دانش‌آموزان ۷-۱۶ ساله منطقه به تفکیک سن ۱۵۲
- جدول ۷-۷ میزان FCI در سنین مختلف ۱۵۴

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

کره زمین به عنوان تنها سیاره شناخته شده دارای موجودات زنده است. زیستن این همه مخلوق خداوند در کنار یکدیگر را تنها می‌توان در آب جستجو کرد " و از آب همه چیز زنده گشتند" (قرآن کریم). پس از آفرینش اولین باکتری‌ها، موجودات زنده شروع به تکامل کردند تا اینکه خداوند انسان را آفرید؛ "انسان را در بهترین زمان خلق کردیم" (قرآن کریم). از زمان پانهادن انسان بر روی زمین، این سیاره آستان حوادث تلخ و شیرین بسیاری برای انسان بوده است. زمین از یک طرف با دارا بودن منابع بسیار زیاد غذایی و معدنی نیاز انسان را برآورده می‌کند و از طرف دیگر حوادث ناگواری مانند سیل، زلزله، آتشفشان و ... را به همراه داشته است. یکی از پدیده‌های طبیعی، تحت تأثیر قرار گرفتن کیفیت منابع آب توسط فرایندهای زمین‌شناسی مانند انحلال سنگ‌ها و کانی‌ها و یا تداخل آب‌های هیدروترمال با منابع آب شرب توسط گسل‌ها و در نتیجه کاهش کیفیت آب است.

اهمیت استفاده از منابع آب سالم باعث شد تا سازمانی با عنوان سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization) در سال ۱۹۸۳، برای بسیاری از پارامترهای فیزیکیوشیمیایی حد آلاینده‌گی تعیین کند. از آن به بعد شناسایی منابع آب آلوده به عناصر مختلف مانند آرسنیک، فلئور، بور، مس، سرب، روی و ... و نیز تعیین منشأ این آلودگی‌ها موضوع بحث بسیاری از مجامع علمی گردید. کشور ما هم از این قاعده مستثنی نبوده و با تأخیر نسبت به کشورهای توسعه یافته شروع به این کار نمود. منشأ اغلب قریب به اتفاق آلودگی‌های طبیعی موجود در منابع آب، کانه‌زایی در مناطق بالادست منابع آب آلوده است. بنابراین پی بردن به چگونگی واکنش میان آب، خاک و سنگ نخستین و اصلی‌ترین گام در شناسایی منبع یا منابع آلاینده آب است.

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، بخش جنوب شرقی دشت طبسین واقع در ۶۰ کیلومتری جنوب شرق نهبندان را شامل می‌شود. با توجه به ضرورت داشتن آب سالم برای مصارف شرب و آشامیدنی و به

دلیل کم بودن نزولات جوی در منطقه، یافتن یک منبع آب مناسب برای مصارف شرب و بهداشتی امری ضروری و البته مشکل است. از طرف دیگر ساختار زمین‌شناسی متنوع در منطقه مورد مطالعه یکی از دلایلی است که باعث ورود انواع ترکیبات مختلف و متنوع به داخل آب می‌گردد. این پژوهش با هدف بررسی میزان غلظت و توزیع عناصر در سنگ‌ها، رسوبات و منابع آب موجود در منطقه مورد مطالعه، تعیین میزان ارتباط غلظت عناصر موجود در رسوبات و خصوصیات ژئوشیمیایی منطقه با کیفیت منابع آب و بررسی تأثیر کیفیت آب بر سلامت مردم منطقه پایه‌گذاری گردیده است. این فصل به معرفی منطقه مورد مطالعه، مرور برخی از ویژگی‌های کلی آن، بیان مسئله، ضرورت انجام تحقیق و اهداف آن اختصاص یافته است.

۲-۱ بیان مسئله

دشت طبسین با وسعت حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع از بزرگترین دشت‌های استان خراسان جنوبی است و در جنوب شرقی شهرستان نهبندان واقع است. منطقه مطالعاتی در این پژوهش، بخش جنوب شرقی این دشت می‌باشد. نکته قابل توجه در مورد هیدروژئولوژی این دشت این است که آب از بخش‌های شمالی، غربی و شرقی حوضه به صورت متمرکز از تنگه بندان واقع در جنوبی‌ترین نقطه حوضه خارج می‌شود و رودخانه بندان را می‌سازد. علاوه بر این، رواناب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی در برخی ارتفاعات جنوب شرقی و شرق حوضه به یک محیط دریاچه‌ای قدیمه واقع در جنوب شرقی حوضه می‌ریزند. به استثناء رودخانه بندان، سایر منابع آب سطحی حوضه به صورت فصلی بوده و منبع قابل اتکایی برای مصارف کشاورزی و شرب به حساب نمی‌آیند و بیشتر مصارف کشاورزی و شرب از آب زیرزمینی است. به دلیل حرکت آب از شمال به جنوب حوضه و قرار داشتن ارتفاعات جنوبی حوضه به عنوان یک سد زیرزمینی طبیعی در مقابل جریان‌ات آب زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی به سمت قسمت‌های جنوبی‌تر حوضه کم عمق‌تر بوده و اغلب منابع آب زیرزمینی در حال استفاده در این بخش از حوضه قرار دارند و از این میان

تعداد قابل توجهی از چاه‌ها در اطراف محیط دریاچه‌ای قدیمه که به آن اشاره شد مستقر شده‌اند. تنها منبع آبی واقع در بخش‌های شمالی حوضه، قناتی متعلق به شرکت آب و فاضلاب روستایی استان خراسان جنوبی می‌باشد که به منظور استفاده شرب مردم منطقه استفاده می‌گردد. دلیل انتخاب بخش جنوبی از دشت به عنوان منطقه مطالعاتی، تمرکز بیشتر منابع آب در این بخش و در نتیجه تراکم جمعیت بیشتر این قسمت، تنوع ساختارهای زمین‌شناسی بیشتر و شیوع بیماری‌های مرتبط با آلودگی آب در این بخش، بوده است.

لذا در پژوهش حاضر به بررسی ژئوشیمیایی سنگ‌ها و رسوبات و چگونگی واکنش آن‌ها با منابع آب، تعیین ارتباط زمین‌شناسی با کیفیت آب منطقه و در نهایت زمین پزشکی منطقه پرداخته شده است.

۳-۱ خصوصیات منطقه مورد مطالعه

۱-۳-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۷۵ کیلومتری شهرستان نهبندان، در طول جغرافیایی بین $30^{\circ} 00' 30''$ و $30^{\circ} 00' 30''$ و $60^{\circ} 50'$ شرقی و عرض جغرافیایی $31^{\circ} 45' 00''$ و $31^{\circ} 21' 00''$ شمالی امتداد دارد. مساحت منطقه حدود ۹۵۰ کیلومتر مربع است که در بخش جنوب شرقی دشت طبسین واقع می‌باشد. دسترسی به منطقه از طریق جاده اصلی نهبندان-زابل است (شکل ۱-۱).

۲-۳-۱ اقلیم منطقه

آب و هوای غالب منطقه مورد مطالعه، خشک و بیابانی است و مهمترین توده‌های هوای موثر بر این منطقه عبارتند از: